植 物 分 类 与 资 源 学 报　2013, 35 (1): 73~80
Plant Diversity and Resources　DOI: 10.7677/ynzwyj201312064

五蕊寄生种子萌发特性*

罗亚皇[1,2], 张　玲[1**]
(1 中国科学院西双版纳热带植物园热带森林生态学重点实验室, 云南 勐腊　666303;
2 中国科学院大学, 北京　100049)

摘要: 采用室内与野外实验相结合的方法, 对五蕊寄生 (*Dendrophthoe pentandra*) 种子萌发特性以及鸟类消化过程对其种子萌发的影响进行研究。结果表明: 五蕊寄生种子对温度和光照较敏感, 与黑暗条件相比, 光照能显著提高种子的萌发率; 20 ℃为种子萌发的最适温度, 萌发率达 53.8%, 高温 35 ℃及低温 10 ℃均不利于种子萌发。研究发现纯色啄花鸟 (*Dicaeum concolor*) 是该植物的主要食果者, 种子外的果肉不是限制种子萌发的关键因素, 人为去除果肉并不能提高种子的萌发率, 但可缩短种子萌发的时间, 果实通过纯色啄花鸟类肠道消化后, 随着粪便排出的种子萌发率显著提高 (达 69%), 暗示纯色啄花鸟在五蕊寄生的种子萌发过程中具有重要的作用。

关键词: 五蕊寄生; 种子萌发; 果肉; 光照; 温度; 纯色啄花鸟
中图分类号: Q 945　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 2095-0845(2013)01-073-08

Germination Characteristics of *Dendrophthoe pentandra* Seeds

LUO Ya-Huang[1,2], ZHANG Ling[1**]
(1 *Key Laboratory of Tropical Forest Ecology*, *Xishuangbanna Tropical Botanical Garden*, *Chinese Academy of Sciences*, Mengla 666303, China; 2 *University of Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100049, China)

Abstract: The biological characteristics of seed germination and the effects of dispersal birds on the seed germination of *Dendrophthoe pentandra* were explored in this paper. Results showed that the seeds of *D. pentandra* were sensitive to the light and temperature. The germination percentage in light condition was significantly higher than that under dark condition. The most suitable temperature for the seed germination of *D. pentandra* was 20 ℃, it could be as high as 53.8%, and few seeds germinated when the temperature was 10 ℃ or 35 ℃. Our observation identified that *Dicaeum concolor* was the dominant disperser of *D. pentandra* seeds in our study sites. We also confirmed that the duration of germination become shorter when the pulp was manually peeled but the germination percentage did not significantly change. However, the germination percentage was significantly higher (69%) when the seeds were digested by *D. concolor*, to compare with those of intact seeds or manually extracted pulp seeds. Our results indicated that *D. concolor* made larger contribution to improve the seed germination of *D. pentandra*.

Key words: *Dendrophthoe pentandra*; Seed germination; Pulp; Temperature; Light; *Dicaeum concolor*

典型的桑寄生 (Mistletoes) 为半寄生性气生被子植物, 从热带雨林、海边的红树林到高纬度地区的干旱矮灌丛都有分布, 自身进行光合作用的同时还依赖寄主吸收部分自身所需的水分和营养物质 (Kuijt, 1969)。桑寄生为陆地生态系统中一种特殊的植物类群, 是许多植被类型的重要组成部分。桑寄生不仅影响着群落的组成、结构、动态及多样性 (Watson, 2001), 甚至在环

* 基金项目: 国家自然科学基金 (31170406) 和中国科学院昆士兰州生物技术合作计划 (GJHZ1130)
** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: zhangl@xtbg.org.cn
收稿日期: 2012-05-01, 2012-05-30 接受发表
作者简介: 罗亚皇 (1987-) 男, 硕士, 中国科学院西双版纳热带植物园在读研究生。E-mail: luoyahuang@126.com

境-寄主-桑寄生-传粉者/种子散布者复杂的关系中作为一种过渡性的关键物种直接或间接对生态系统过程起竞争或促进作用（Watson，2009）。

桑寄生艳丽而富含糖类的果实通常为脊椎动物（主要为鸟类和哺乳动物）提供了丰富的食物资源，尤其在食物相对缺乏的冬季，桑寄生对一些动物就显得尤为重要。多数的桑寄生种子通过鸟类进行散布，鸟类通过肠道消化或者回吐等方式去除部分果肉，并且依靠种子表面具粘性的果胶将种子散布到特定的枝条上（Aukema，2003），因此鸟类与桑寄生之间的这种互惠关系目前被认为是一种协同进化（Reid，1987；Reid 等，1995；Aukema，2002）。与其他植物类群不同，桑寄生的特殊性在于其生长不仅需要适合的种子散布者，而且还要求适合的寄主枝条（Aukema，2003），散布到特定枝条的种子在适宜的条件下萌发、成苗最终长成正常的植株。在其生活史中种子正常的萌发对桑寄生能否成功寄生具有重要的意义。但是目前有关桑寄生的种子萌发与温度、光照、果肉以及与鸟类的相互关系一直没有受到关注（Murphy 等，1993；Soto-Gamboa 和 Bozinovic，2002；Roxburgh，2007）。

五蕊寄生（*Dendrophthoe pentandra*）隶属于桑寄生科（Loranthaceae）五蕊寄生属，是一种典型的泛性寄生植物，果熟期为 4-6 月。观察发现，在研究样地内其种子主要是通过纯色啄花鸟进行散布。在西双版纳地区五蕊寄生常寄生于芒果（*Mangifera indica*）、橡胶树（*Hevea brasiliensis*）、黄皮（*Clausena lansium*）、木棉（*Bombax malabaricum*）、榕树（*Ficus microcarpa*）等 360 多种植物上（肖来云和普正和，1988），对寄主造成一定程度的伤害，甚至导致寄主的死亡。本研究以泛性寄生的五蕊寄生为材料，通过对种子萌发的生态学特性，以及鸟类对种子萌发的影响进行研究，拟解决以下 3 个科学问题：1）五蕊寄生在不同光照、温度条件下的种子萌发以及幼苗生长过程是否具有差异？2）果肉的存在是否是影响种子萌发的主要因素？3）通过鸟类肠道消化后的种子是否显著提高了萌发能力？种子萌发是否受到附着基质的影响？研究结果将为研究桑寄生种子-散布者之间的相互关系提供相关的实验数据。

1 材料和方法

1.1 研究地生境

研究地位于西双版纳勐腊县勐仑镇西双版纳热带植物园（21°56′ N，101°15′ E），海拔约 580 m。本研究在植物园实验区设立了不同植被类型的样地 4 个，每个样地 1 hm^2，样地中芒果为五蕊寄生的主要寄主。该地区属北热带季风气候，一年中干、湿季分明，有雾凉季（11 月至翌年 2 月）、干热季（3-4 月）和雨季（5-10 月）之分，年平均气温 21.5 ℃，≥10 ℃ 积温 7 860 ℃，平均最低气温 7.5 ℃，年日照时数 1 828 h。年降水量 1 557 mm，年相对湿度 86%，地带性植被为热带雨林和季雨林，土壤为砖红壤。

1.2 材料的选取

五蕊寄生果实成熟期 4-6 月，供试材料成熟果实于 2011 年和 2012 年 4 月采自样地中的常见寄主芒果树上，该样地内芒果的树龄为 6 年。果实采收后选取正常成熟、大小中等、颗粒饱满、无虫害及机械损伤的果实进行实验。

标记样地内直径介于 1.0 ~ 1.5 cm 的芒果枝条 20 枝，收集鸟类消化后随着粪便散布于这些枝条上的正常种子 180 粒进行实验。

1.3 实验设计

果实和种子基本特征的测定：随机选取 30 粒正常的果实用精确到 0.01 mm 的游标卡尺测定其纵径、横径。然后随机选取 100 粒正常的果实测定果实的百粒重，重复 6 次。随机选取 6 粒正常的果实去除果皮以及果肉后称种子的鲜重量，重复 5 次，然后将种子置于 103 ℃ 的烘箱中烘焙 17 h 后测定干重，计算种子含水量。

光照、温度及果肉对种子萌发的影响：以光照和温度、果肉作为自变量，光照设置两个梯度：光照（光照强度为 35 μmol m^{-2} s^{-1}）和黑暗；2011 年温度设置 6 个梯度：10 ℃、15 ℃、20 ℃、25 ℃、30 ℃、35 ℃，但是 20 ℃处理失败（培养箱温度失控）；2012 年补做了 20 ℃、25 ℃、30 ℃以及 20/30 ℃变温等处理；果肉设置两个处理：去除果肉和未去除果肉（图 1：C）。试验在 HPG-280B 型光照培养箱中进行，在培养皿（120 mm× 15 mm）中铺上相同直径的滤纸并且用蒸馏水一直使其处于潮湿状态，每个培养皿中放入 30 粒种子，每个处理设置 3 个重复。

鸟类消化过程对种子萌发的影响：在 4 hm^2 的样地内观察五蕊寄生的种子散布者，共计 60 h，发现纯色啄花鸟和红耳鹎（*Pycnonotus jocosus*）为五蕊寄生果实的主要拜访者，但红耳鹎的拜访频率很低，且有研究表明红耳鹎肠道内不存在未消化的桑寄生种子（肖来云和普正和，1994），因此五蕊寄生的种子散布者主要为纯色啄花鸟（图 1：B）。自然状态下对五蕊寄生的种子散布格局

进行观察，标记长度约为15 cm，直径介于0.5～2.5 cm不同直径大小的125个芒果枝条，共统计到665粒随着鸟类粪便排出的种子，并且发现直径约1.2 cm、长度15 cm的芒果枝条上种子散布数量最多，为10±1（$n=15$，mean±SE）粒。于是选择直径介于1.0～1.5 cm的树冠层芒果枝条接种五蕊寄生种子。

选取正常的成熟果实分别进行人工去除果肉、未去除果肉处理以及收集经纯色啄花鸟肠道消化后随着粪便排出的种子，2011年将三种种子分别进行以下实验：实验1，室内25 ℃恒温光照培养箱培养；实验2，在样地内选择直径为1.2 cm的芒果枝条上接种实验种子，接种间距为1.0～1.5 cm。2012年将三种种子分别置于光照20 ℃、25 ℃、30 ℃恒温培养箱中培养。每组30粒种子，设置3个重复实验。

1.4　指标测定与参数计算

以胚轴0.5 cm作为种子萌发的标准，以产生吸器作为形成幼苗的标准。室内和室外的种子萌发每天观察一次，对于未萌发的种子放回原条件继续观察，直至最后霉烂或者萌发。最后统计种子萌发率，比较不同处理以及不同条件下种子萌发率的差异。

（1）种子含水量(%)=[(烘干前样品重量—烘干后样品的重量)/烘干前样品重量]×100%。

（2）萌发率(%)=(种子萌发数/供试种子总数)×100%。

（3）种子萌发速率=[$(N_1\times1)+(N_2-N_1)\times1/2+(N_3-N_2)\times1/3+\cdots+(N_n-N_{(n-1)})\times1/n$]×100，式中N为第1，2，3，…，n天发芽种子的百分率。

（4）幼苗生长速率=[$(N_1\times1)+(N_2-N_1)\times1/2+(N_3-N_2)\times1/3+\cdots+(N_n-N_{(n-1)})\times1/n$]×100，式中N为萌发的种子第1，2，3，…，n天子叶生长或者产生吸器的百分率。

1.5　数据统计分析

数据分析用SPSS16（Chicago，IL，USA），所有结果用平均值±标准差（Mean±SE）表示。首先用General Linear Model中的Univariate检验光照、温度以及果肉三因素之间的交互作用对种子萌发率的影响。若三因素之间不存在交互作用，种子萌发率用单因素方差分析（One-way ANOVA）和LSD以及t-Test进行比较分析。然后用单因素方差分析（One-way ANOVA）和LSD检验3种处理（鸟类肠道消化，人工去除或者未去除果肉）之间种子萌发率的差异。最后用t-Test检验相同处理不同萌发条件下种子萌发率的差异。用Sigma Plot10.0进行绘图。

2　结果

2.1　果实和种子特征

成熟的五蕊寄生果实颜色为橙红色，浆果（图1：A），果实包括种子、果肉及果皮三部分。种子无种皮包被，正常成熟的五蕊寄生果实纵径为（12.41±1.20）mm，横径为（6.87±0.49）mm（$n=31$），果实的百粒重为（33.72±1.00）g（$n=6$），种子的百粒重为（6.93±1.43）g（$n=6$），种子占果实重量的20.55%，种子含水量为37.92%（$n=5$）。

2.2　光照、温度以及果肉对种子萌发的影响

2011年五蕊寄生种子6～9天就能萌发，光照、温度与果肉三者之间无交互作用（$F_{4,55}=1.077$，$P=0.381$），光照（$F_{1,58}=8.064$，$P=0.007$）和温度（$F_{4,55}=2.948$，$P=0.032$）对五蕊寄生的种子萌发有显著影响，但是去除果肉（$F_{4,55}=0.067$，$P=0.798$）并不能提高种子的萌发率。在所设的5种温度条件下，光照均显著提高了种子萌发率。在光照条件下未去除果肉种子在10 ℃低温时不能萌发，15 ℃时萌发率较高，仅为（18.9±6.9）%，25 ℃与30 ℃条件下种子萌发率次之（图2：A）。在去除果肉的情况下，高温35 ℃条件下种子不能萌发，25 ℃种子萌发率最高，为（14.4±3.9）%，15 ℃与30 ℃时种子萌发率次之（图2：B）。

2012年五蕊寄生种子6～9天也可萌发，光照与温度之间存在交互作用（$F_{3,44}=7.304$，$P<0.001$），光照（$F_{1,46}=23.78$，$P<0.001$）和温度（$F_{3,44}=11.879$，$P<0.001$）对五蕊寄生的种子萌发同样有显著影响，去果肉（$F_{1,46}=0.418$，$P=0.521$）不能提高五蕊寄生的种子萌发率。设置的4个温度梯度下（25 ℃除外），光照显著提高了种子的萌发率（图2：C，D）。种子萌发的最适温度为20 ℃，20 ℃种子的萌发率极显著（$F_{3,44}=6.379$，$P=0.001$）高于25 ℃，30 ℃，20/30 ℃变温处理的种子萌发率。20 ℃且光照条件下未去除果肉的种子萌发率最高达（53.8±8.5%）（图2：C）。与2011年相比，2012年在25 ℃和30 ℃情况下种子萌发率有所提高，30 ℃光照去除果肉时种子萌发率相对较高，达（38.8±7.7）%，25 ℃、30 ℃以及20/30 ℃变温处理之间种子萌发率无显著性差异（$P>0.05$）（图2：C，D）。

种子在去除果肉情况下6天即可萌发，12天开始产生子叶，21天产生吸器，在未去除果肉情况下，萌发时间推迟3天，第9天才开始萌发，18天产生子叶，27天产生吸器，幼苗生长64天后产生真叶。尽管去除果肉并没有提高种子的萌发率，但是包被果肉的种子萌发速率明显滞后（图3）。

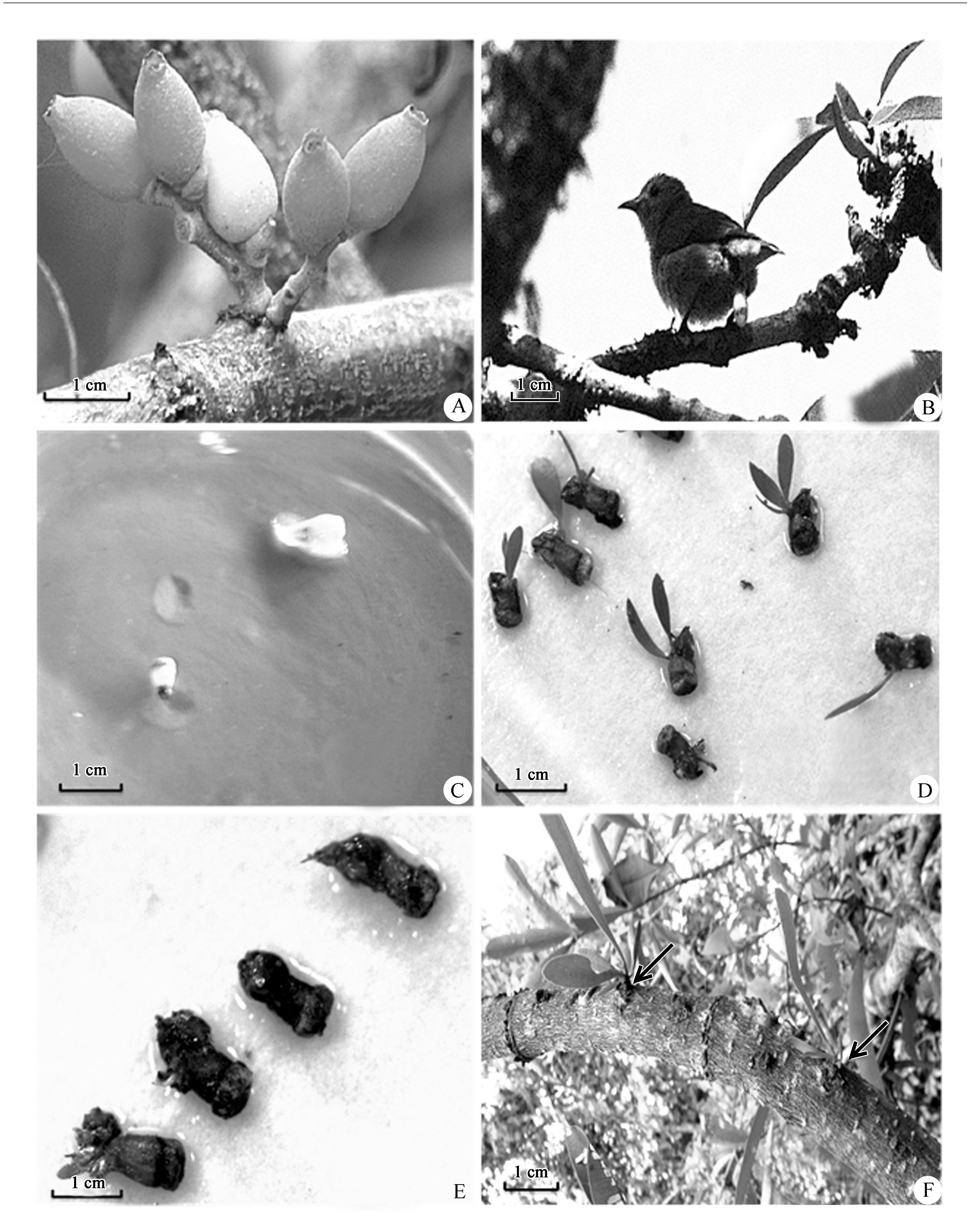


图1　五蕊寄生果实、种子和幼苗的生物学特性

A. 果实; B. 种子散布者纯色啄花鸟; C. 去除及未去除果肉的种子; D. 鸟类肠道消化后种子形成的幼苗; E. 未去除果肉的种子形成的幼苗; F. 寄主枝条上形成的幼苗 (箭头所示)

Fig. 1　The fruit, seed and seedling characteristics of *D. pentandra*

A. fruits; B. *Dicaeum concolor*; C. seeds with and without pulp; D. seedlings from gut passed seeds; E. seedlings from intact fruits; F. seedlings on host branches (marked as red arrows)

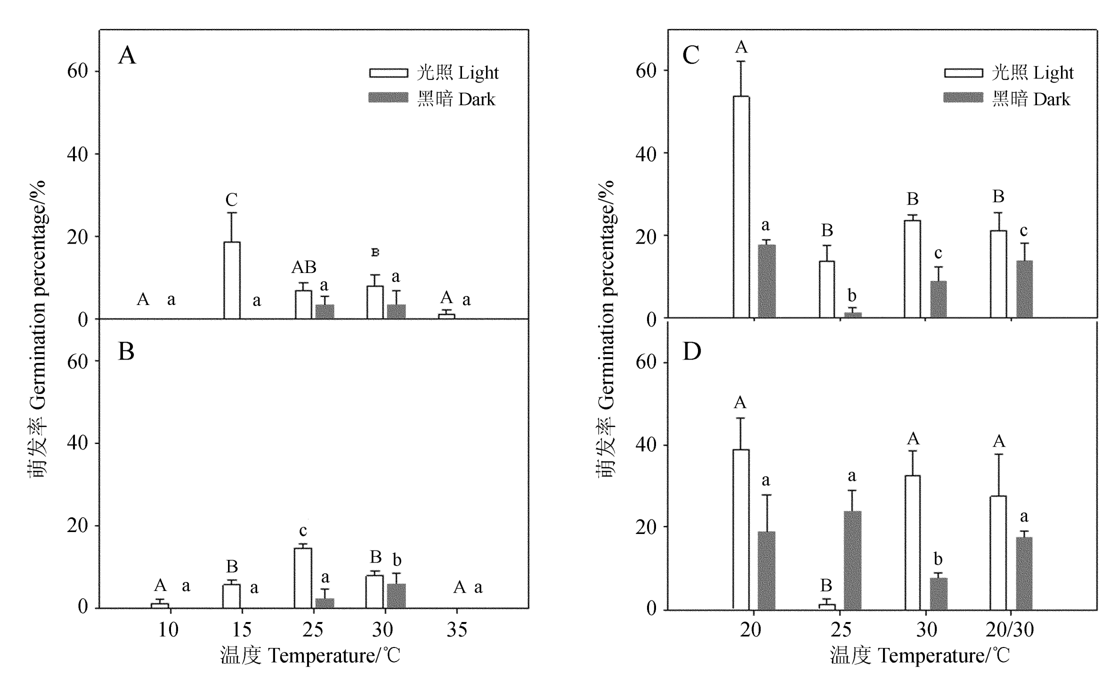


图 2　五蕊寄生种子在不同温度及光照条件下的种子萌发率

A. 2011 年未去除果肉；B. 2011 年去除果肉；C. 2012 年未去除果肉；D. 2012 年去除果肉

Fig. 2　The seed germination percentages of *D. pentandra* in different temperature and light conditions (mean±*SE*, *n*=3)

A. seeds with pulp in 2011; B. seeds without pulp in 2011; C. seeds with pulp in 2012; D. seeds without pulp in 2012

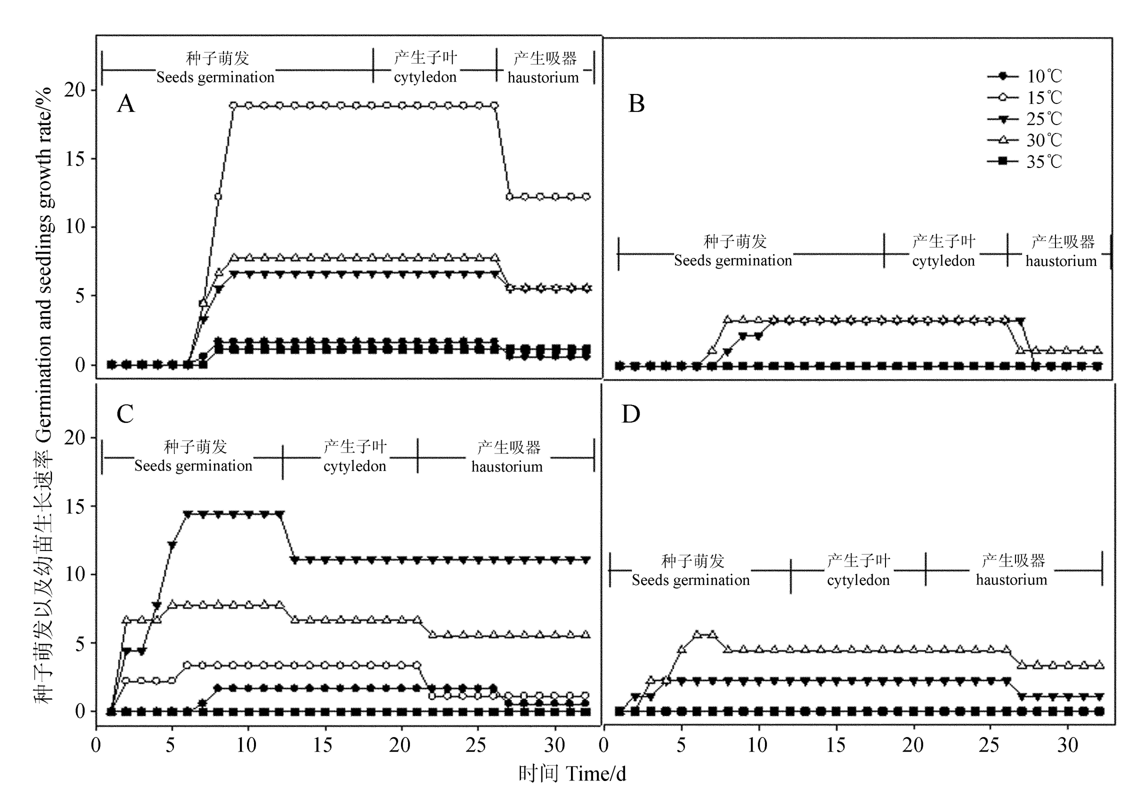


图 3　五蕊寄生种子在不同温度和光照条件下的种子萌发以及幼苗生长的过程

A. 光照未去除果肉；B. 黑暗未去除果肉；C. 光照去除果肉；D. 黑暗去除果肉

Fig. 3　Seed germination and seedlings growth of *D. pentandra* in different temperature and light conditions in 2011

A. light and seeds with pulp; B. dark and seeds with pulp; C. light and seeds without pulp; D. dark and seeds without pulp

2.3 鸟类消化过程对种子萌发率的影响

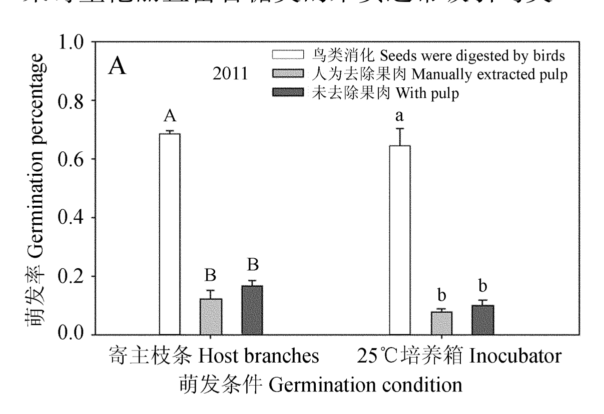
2011年室内25 ℃光照恒温培养箱中，3种不同处理的种子萌发率有显著差异（$F_{2,6}=78.22$，$P<0.001$），通过鸟类消化后的种子萌发率为（64.1±9.8）%，极显著高于（$P<0.001$）去除果肉（8.2±1.9）%和未去除果肉的种子（10.0±3.4）%，而去除果肉及未去除果肉的种子萌发率无显著差异（$P=0.680$）（图4）。同样，在野外芒果枝条上3种不同处理的种子萌发率有显著差异（$F_{2,6}=154.58$，$P<0.001$），通过鸟类消化后的种子萌发率为（68.8±3.2）%，极显著高于（$P<0.001$）去除果肉（12.3±4.8）%和未去除果肉下种子的萌发率（16.4±3.9）%，并且去除果肉和未去除果肉种子萌发率无显著性差异（$P=0.149$）（图4：A）。此外，鸟类消化（$t=-0.580$，$P=0.587$）、去除果肉（$t=1.414$，$P=0.230$）及未去除果肉（$t=2.501$，$P=0.067$）3种处理的种子，在恒温培养箱和芒果枝条两种萌发条件下的萌发率差异不显著，并且两种条件下均呈现出鸟类消化过的种子萌发率最高。

2012年，与去除果肉和未去除果肉相比，在20 ℃（$F_{2,6}=4.607$，$P=0.042$）和25 ℃（$F_{2,6}=26.276$，$P<0.001$）条件下鸟类的消化同样显著提高了种子的萌发率（图4：B），但是30 ℃条件下鸟类消化后种子的萌发率（$F_{2,6}=0.766$，$P=0.493$）与去除果肉和未去除果肉之间无显著差异。

3 讨论

桑寄生艳丽且富含糖类的果实通常吸引鸟类取食，鸟类主要通过粪便、回吐以及取食三种方式传播种子（Reid，1987；肖来云和普正和，1994；鲁长虎，2003；Okubamichael 等，2010）。成熟的五蕊寄生果实呈橘红色（图1：A），果径为12.41±1.20 mm×6.87±0.49 mm，果肉占果实重量的40.84%，是一种典型的鸟播果实。我们观察发现五蕊寄生果实成熟后常有大量纯色啄花鸟取食，其种子主要通过鸟类粪便实现传播，五蕊寄生的果实被取食后果肉被消化，而具有粘性胶质层的种子随粪便排出后被粘到特定的寄主枝条上完成散布，因此纯色啄花鸟的习性和行为都将影响五蕊寄生在植物群落中的空间分布格局。

不同的桑寄生植物感染寄主的过程都是类似的（Gill 和 Hawksworth，1961；Hawksworth 和 Wiens，1996；Calvin 和 Wilson，2006），即种子经过萌发，使胚轴伸长，直到它形成一个吸器紧紧与寄主相连（Calvin 和 Wilson，1998）。与其他开花植物一样，种子萌发受到光照、温度、水分的影响，桑寄生种子的萌发需要较高的温度，低温不利于其萌发。本研究发现温度和光照对五蕊寄生种子萌发均有显著的影响，20 ℃为种子萌发的最适温度，萌发率达50%以上，低温10 ℃及高温35 ℃可能使种子失去活性，导致不能萌发；黑暗条件下种子萌发率显著降低，这与肖来云和普正和（1989）的研究结果一致。种子萌发率在不同的年份间有所变化，与2011年相比，2012年种子的萌发率有所提高，2012年25 ℃去除果肉情况下种子萌发率很低，这可能与萌发过程中种子被真菌感染有关。



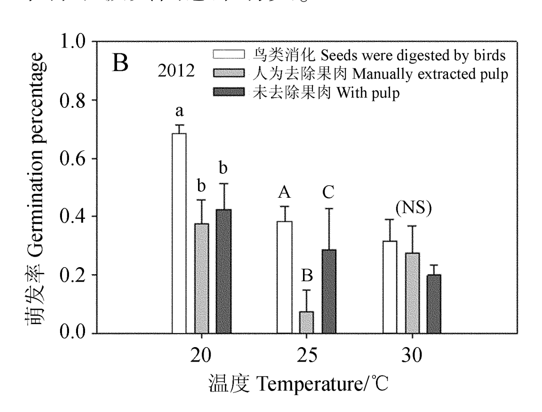


图4 去除果肉、未去果肉以及鸟类肠道消化三种处理的种子的萌发率

Fig.4 The seed germination percentages of *D. pentandra* under different temperature and conditions (mean±*SE*, $n=3$) in 2011 (A) and 2012 (B). Seeds were digested by birds (white bar), manually extracted pulp (grey bar) and with pulp (black bar), and the adhered matrix were Petri dish with filter paper and host branches

桑寄生与鸟类之间存在着明显的互惠关系，甚至被认为是一种协同进化关系（Reid，1987；Reid 等，1995）。桑寄生为食果鸟等动物提供了丰富的食物资源，同时桑寄生需依靠食果鸟等动物将种子散布于适合其生长的寄主。食果鸟的消化过程对桑寄生种子萌发的影响是多方面的，有研究表明人为去除桑寄生的果肉即可促进其种子萌发（Overton，1994；López de Buen 和 Ornelas，2001；Rödl 和 Wade，2002；Roxburgh，2007），与鸟类消化后的种子相比，二者之间萌发率并没有显著差异（Lamont，1983；Ladley 和 Kelly，1996）。但是也有研究发现阿根廷南部槲寄生（*Dromiciops australis*）的果实必须经过一种有袋类动物南鼠儿（*Tristerix corymbosus*）的肠道消化后才能萌发（Amico 和 Aizen，2000）。此外，研究发现桑寄生的果肉对种子萌发有一定的影响（肖来云和普正和，1989），未去除果肉的种子不能萌发，人为去除或通过鸟类消化果肉后才能保证其种子正常萌发（Ladley 和 Kelly，1996）。目前越来越多的证据表明桑寄生通过鸟类肠道消化或者回吐两种方式可显著提高其种子的萌发率（Soto-Gamboa 和 Bozinovic，2002；Roxburgh，2007；Lara 等，2009）。

食果鸟对种子萌发的影响通常表现在以下 3 个方面（Agami 和 Waisel，1986；Traveset 和 Verdú，2002）：（1）改变种皮的结构，改变种皮的水分和气体的通透性（磨蚀效应）；（2）从果皮中去除种子萌发的抑制剂（去抑制效应）；（3）动物的粪便促进幼苗萌发及幼苗生长（肥力效应）。本研究发现五蕊寄生的果肉并非是限制其萌发的关键因素，人为去除果肉并不能提高种子的萌发率，但缩短了种子萌发的时间，而通过鸟类肠道消化后的种子萌发率显著提高。本研究显示 20 ℃、25 ℃培养箱内及野外寄主枝条上，鸟类消化过的种子都具有较高的萌发率，但在 30 ℃时鸟类消化后的种子萌发率下降，并且与去除果肉和未去除果肉的种子萌发情况无显著差异，这可能与 30 ℃条件下种子的活性降低有关。纯色啄花鸟通常体型较小，并且胃小壁薄，消化能力较弱，种子停留在肠道时间很短（肖来云和普正和，1994），通过其肠道消化后的五蕊寄生种子可能比人为去除果肉的种子更具有粘附力，鸟肠道内的一些化学物质也可能改变了抑制其种子萌发物质的特性，从而显著提高了其种子萌发率，并加快了幼苗的生长（图 1：D-F）。因此纯色啄花鸟不仅影响种子散布和种子萌发，甚至在幼苗的生长过程中也可能具有不可忽视的作用。

五蕊寄生为典型的热带、亚热带泛性寄生植物，在人为干扰较强及光照较强的生境中大量寄生，常见于芒果、柚子以及橡胶等许多经济作物上（肖来云和普正和，1988）。本研究发现五蕊寄生种子萌发对温度和光照较为敏感，经过纯色啄花鸟肠道消化后显著提高了其种子萌发能力，这可能与其长期适应热带亚热带气候以及光照较强的生境密切相关。有关鸟类肠道内一些理化特性，鸟类消化的时间及其种子散布方式对桑寄生种子萌发的影响机制有待于进一步深入的研究。

致谢　感谢中国科学院西双版纳热带植物园种子库的支持，以及实验过程中兰芹英女士、谭运洪先生给予的帮助。

〔参　考　文　献〕

Agami M，Waisel Y，1986. The role of mallard ducks（*Anas platyrhynchos*）in distribution and germination of seeds of the submerged hydrophyte *Najas marina* L.［J］. *Oecologia*，**68**：473—475

Amico G，Aizen MA，2000. Mistletoe seed dispersal by a marsupial［J］. *Nature*，**408**：929—930

Aukema J，Martinez del Rio C，2002. Variation in mistletoe seed deposition：effects of intra- and interspecific host characteristics［J］. *Ecography*，**25**：139—144

Aukema J，2003. Vectors，viscin，and Viscaeae：Mistletoes as parasites，mutualists，and resources［J］. *Frontiers in Ecology and the Environment*，**1**：212—219

Calvin CL，Wilson CA，1998. Comparative morphology of haustoria within African Loranthaceae［A］. In：Polhill R，Wiens D（eds.），*Mistletoes of Africa*［M］. Kew：The Royal Botanic Gardens，17—36

Calvin CL，Wilson CA，2006. An origin of aerial branch parasitism in the mistletoe family，Loranthaceae［J］. *American Journal of Botany*，**93**：787—796

Gill LS，Hawksworth FG，1961. The mistletoes：A literature review［J］. *United States Department of Agriculture Forest Service Technology Bulletin*，1242

Hawksworth FG，Wiens D，1996. Dwarf mistletoes：Biology，pathol-

ogy, and systematic [J]. *United States Department of Agriculture Forest Service Technology Handbook*, 709

Kuijt J, 1969. *The Biology of Parasitic Flowering Plants* [M]. Los Angeles: University of California Press, 13—53

Ladley JJ, Kelly D, 1996. Dispersal, germination and survival of New Zealand mistletoes (Loranthaceae): dependence on birds [J]. *New Zealand Journal of Ecology*, **20**: 69—79

Lamont B, 1983. Mineral nutrition of mistletoes [A]. In: Calder M, Bernhardt P (eds.), *The Biology of Mistletoes* [M]. San Diego: Academic Press, 129—143

Lara C, Pérez G, Ornelas JF, 2009. Provenance, guts, and fate: field and experimental evidence in a host-mistletoe-bird system [J]. *Ecoscience*, **16**: 399—407

López de Buen L, Ornelas J, 2001. Seed dispersal of the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by birds in central Veracruz, Mexico [J]. *Biotropica*, **33**: 487—494

Lu ZH (鲁长虎), 2003. Biology of m istletoe (*Viscum coloratum*) and its seed dispersal by frugivorous birds [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **23** (4): 834—839

Murphy SR, Reid N, Yan Z *et al.*, 1993. Differential passage time of mistletoe fruits through the gut of honeyeaters and flowerpeckers: effects of seedling establishment [J]. *Oecologia*, **93**: 171—176

Okubamichael DY, Rasheed MZ, Griffiths ME *et al.*, 2010. Avian consumption and seed germination of the hemiparasitic mistletoe *Agelanthus natalitius* (Loranthaceae) [J]. *Journal of Ornithology*, **152**: 643—649

Overton JM, 1994. Dispersal and infection in mistletoe metapopulations [J]. *Journal of Ecology*, **82**: 711—723

Reid N, 1987. The mistletoe bird and Australian mistletoes: co-evolution or coincidence? [J]. *EMU*, **87**: 130—131

ReidN, Stafford Smith M, Yan Z, 1995. Ecology and population biology of mistletoes [A]. In: Lowman MD, Nadkarni NM (eds.), *Forest Canopies* [M]. San Diego: Academic Press, 285—310

Rödl T, Wade D, 2002. Host recognition in a desert mistletoe: early stages of development are influenced by substrate and host origin [J]. *Function Ecology*, **16**: 128—134

Roxburgh L, 2007. The effect of gut processing on the quality of mistletoe seed dispersal [J]. *Journal of Tropical Ecology*, **3**: 377—380

Soto-Gamboa M, Bozinovic F, 2002. Fruit-disperser interaction in a mistletoe-bird system: a comparison of two mechanisms of fruits processing on seed germination [J]. *Plant Ecology*, **159**: 171—174

Traveset A, Verdú M, 2002. *A Meta-Analysis of the Effect of Gut Treatment on Seed Germination* [M]. Wallingford: CABI Publishing, 339—350

Watson DM, 2001. Mistletoes-a keystone resource in forests and woodlands worldwide [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **32**: 219—249

Watson DM, 2009. Parasitic plants as facilitators: more Dryad than Dracula? [J]. *Journal of Ecology*, **97**: 1151—1159

Xiao LY (肖来云), Pu ZH (普正和), 1988. An investigation on the harm of the Loranthaceae in Xishuangbanna, Yunnan [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), **10** (1): 69—78

Xiao LY (肖来云), Pu ZH (普正和), 1989. The propagation of Loranthaceae from Xishuangbanna [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), **11** (2): 175—180

Xiao LY (肖来云), Pu ZH (普正和), 1994. Study on the relationship between the spread of Loranthaceae and birds in Xishuangbanna, Yunnan [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **14** (2): 128—134